

## **ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ**

**В.А. ПАСТУШНИЙ<sup>1</sup>, А.О. БОБУХ<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> магістрант кафедри АТС та ЕМ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

<sup>2</sup> професор кафедри АТС та ЕМ, канд.. техн.. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

\*email: aabobukh@ukr.net

У роботі розглянуті питання можливості розробки автоматизованого управління технологічним процесом конверсії (латинське *conversio* – перетворення, змінення; конверсія газів – переробка газів із метою зміни складу початкової газової суміші) метану (природного газу). На сьогодні цей процес є основним промисловим методом отримання водню та конвертованих газів для синтезу метанолу, аміаку та інших продуктів. Від методу конверсії метану залежать як технологічна, так і енергетична схеми виробництва метанолу в цілому. Коротко розглянемо технологічну схему процесу конверсії метану.

Метан під тиском 0,08–0,13 МПа та витратою від 4200 до 8000 м<sup>3</sup>/год. поступає в сатураційну башту, де зрошується живильною водою із температурою 60–105 °С, нагрівається до температури 50–95 °С та насичається парами води до об'ємного співвідношення пара / газ 0,16–0,7. В трубопроводі подачі метану перед сатураційною баштою виконана вставка для подачі азоту технологічного, який використовується при розігріванні та окисленні каталізатора конверсії метану. Із сатураційної башти пара-газова суміш з температурою 50–95 °С і тиском не більше 0,069 МПа поступає в між-трубний простір газового теплообмінника. Циркуляція гарячої живильної води в сатураційному циклі здійснюється відцентровими насосами, а після нього вода подається в трубний простір водонагрівального теплообмінника по між-трубному простору якого проходить конвертований газ.

Подальше насичення природного газу водяною парою з витратою 800–3200 м<sup>3</sup>/год відбувається за рахунок подачі її в трубопровід пара-газової суміші на вході в газовий теплообмінник і в трубопровід подачі кисню перед змішувачем, що забезпечує співвідношення пара/газ від 0,4 до 0,8. Насичення метанолу водяною парою запобігає протіканню побічних реакцій, що йдуть із утворенням вільного вуглецю, та викликають забруднення каталізатора.

Пара-газова суміш, що поступає в між-трубний простір газового теплообмінника, нагрівається до температури 550 °С за рахунок тепла конвертованого газу, що проходить по трубному простору газового теплообмінника. Підігріта в ньому пара-газова суміш поступає в між-трубний простір змішувача, в трубний простір якого подається кисень технологічний в співвідношенні кисень/метан від 0,4 до 0,65. Цей кисень поступає в агрегат конверсії метану по колектору під тиском 0,08–0,14 МПа. В трубопровід подачі кисню перед змішувачем подається азот технологічний, призначений для

попередження розповсюдження полум'я та утворення вибухонебезпечної суміші, для розбавлення кисню та для зниження температури пара-газо-кисневої суміші над каталізатором під час загоряння. Із змішувача пара-газо-киснева суміш поступає в канал змішувача, після якого поступає в конвертор метану з температурою 350 °C і тиском 0,06 МПа.

Процес конверсії метану протікає на нікелевому каталізаторі. Показником цього процесу є висока ступінь перетворення суміші метану, пари, кисню, а метою конверсії метану є отримання конвертованого газу для виробництва метанолу. Конвертований газ для синтезу метанолу газу одержують методом пара-кисневої (або пара-кисневої з дозуванням вуглекислого газу) каталітичної конверсії метану в реакторі при тиску до 0,7 МПа та температурі 930 °C.

Після конвертора метану конвертований газ поступає у вертикальний перший котел-утилізатор, після якого з температурою не більше 650 °C поступає в трубний простір теплообмінника, де за рахунок підігріву пара-газової суміші, охолоджується до температури 350 °C і поступає у другий вертикальний котел-утилізатор, в якому охолоджується до температури 200 °C. Після цього газ поступає в між-трубний простір водонагрівального теплообмінника, де охолоджується до температури 130 °C.

Для остаточного охолодження конвертованого газу передбачена схема охолодження цього газу оборотною водою, що поступає в трубний простір теплообмінника конвертованого газу, а газ подається в його між-трубний простір та охолоджується до температури 70 °C.

Нормальний технологічний режим конвертору метану можливий лише при температурі 930 °C. Якщо температура в конверторі метану нижча або вища порушиться вихідний склад суміші, яка негативно впливає на економічні показники кінцевого продукту (метанолу), а температурним режимом конвектора треба управляти зміною витрат суміші газів (метану, пари і кисню) в заданих межах для нормального технологічного режиму. Якщо мета управління досягнута, температура зафіксована, вихід з конвектору метану газової суміші постійний і відповідає заданому значенню концентрації на виході з апарату, то між температурою, тиском і витратою встановлена та дотримується певна залежність. Інтенсивність відведення тепла від конвертору метану визначається швидкістю проходження пара – газової суміші через конвертор метану та її охолодженням на виході за допомогою відведення тепла на котлах утилізаторах та водяних холодильниках.

Виконаний аналіз дозволяє зробити висновок про доцільність та необхідність декомпозиції загальної задачі управління технологічним процесом конверсії метану на під-задачі управління окремими параметрами, зокрема відповідними температурами, тисками, витратами, рівнями рідин тощо при розробці автоматизованого управління технологічним процесом конверсії з застосуванням сучасних швидкодіючих та високо надійних мікропроцесорних контролерів із спеціальним програмним забезпеченням та контрольно-вимірювальними приладами і засобами автоматизації з метою підвищення енергозбереження та покращання ефективності всього процесу.